

LÉGIFELVÉTELEK KÖLTSÉGHATÉKONY OSZTÁLYOZÁSI MÓDSZEREINEK KIDOLGOZÁSA AZ ERDŐGAZDÁLKODÁS ÉS A NEMZETI PARKOK SZÁMÁRA

BAKÓ GÁBOR és GULYÁS GÁBOR

2310 Szigetszentmiklós, Csokonai köz 1/1.;
bakogabor@interspect.hu, info@interspect.hu

Elfogadva: 2012. április 12.

Kulcsszavak: távérzékelte állományok előfeldolgozása, osztályozása, erdőgazdálkodás, tájökológia, felszínborítás térképezés, természetvédelem

Összefoglalás: Magyarországon már a XX. század eleje óta törekvés mutatkozik légifelvételezés, légi távérzékelés segítségével pontos állományfelmérések elvégzésére az erdőgazdálkodás és a természetvédelem számára. A hetvenes évek elejétől a sokszinképes eljárások is elérhetővé váltak hazánkban. A nagyfelbontású multispektrális légifelvétel-térképezés legnagyobb előnyei közé sorolható a fajfelismerés, bizonyos ökológiai paraméterek térbeli rögzítése és a szabatos vegetációtérképezés lehetőségének összekapcsolása. A légifelvétel-térképezés során nyert nagyfelbontású, és így rendkívül nagymennyiségű információ feldolgozása azonban újabb problémát vet fel. Cikkünk az állományok feldolgozásának automatizálására tett kísérletünket, és az előfeldolgozásban elért új eredményeinket tárgyalja. A digitális állományok terepi ellenőrzéssel végzett előfeldolgozása nemcsak lehetővé teszi a pontos osztályozást, de meg is gyorsítja az ellenőrzési, javítási periódust. Tapasztalataink alapján a különböző felszínborítási kategóriák leválogatása a legjobb hatásfokkal külön előfeldolgozási módszer felépítésével végezhető el.

Bevezetés

Szaktertörténeti áttekintés

Magyarországon az első világháborúban alakul ki a légifényképezés térképészeti hasznosításának módszere, amelyet az 1920-as években tökéletesítenek (BAKÓ 2012a). Az elsősorban katonai, térképészeti, közigazgatási célokból előállított légifelvétel-térképek vízügyi, erdészeti és egyéb civil alkalmazásait is elkezdik kidolgozni a harmincas években (FODOR 1935). A második világháború időszakában számos nem katonai célú felmérést is elvégeznek (BAKÓ 2012b). Folyamtérképezés, árvíz, belvíz és archeológiai légi felmérések készülnek, majd a háború utáni titkosítás, a légi felmérések korlátozása a hidegháború alatt, hosszú időre visszaveti a távérzékelés tudományos célú alkalmazását. A térképészeti felvételeket a honvédség és az 1967-ben megalakult Földmérési és Távérzékelési Intézetten keresztül a Repülőgépes Szolgálat készíti. Az 1960-as években megalakuló Vízügyi Légi Szolgálatot saját légi fényképezési repülőgépekkel és helikopterrel szerelik fel, majd utódszervezeteinek égisze alatt 1972-től elkezdődik a hazai nagyfelbontású vízügyi és környezetvédelmi légi távérzékelés. Ezen belül 1976. május 3-án Ráday Ödön geológus szervezésében elkészültek első hazai multispektrális légifelvételek. A természetvédelem, a régészek és a biológusok elsősorban így juthattak légifel-

vétel mozaikokhoz. A kilencvenes évekre lazultak a jogi és adatvédelmi feltételek, így különböző légi szolgáltatók is létrejöttek. Ebből az időszakból a Telecopter Kft. (a korábbi Repülőgépes Szolgálatból), az Argos Stúdió (a Vízügyi Légi Szolgálatból, nagyléptékű felmérésekkel), különböző magángyűjtemények és a Földmérési és Távérzékelési Intézet halmozott fel jelentős archívumot, amelyet a vegetáció térbeli változásának elemzésében jól hasznosíthatunk.

A Google Föld szolgáltatás 2006 óta hazánk területén is lehetővé teszi a kisléptékű felvételek általi gyors tájékozódást és felméréstervezést, és bár az ott közzétett ür- és légifelvételek az internetre történő tömörítés miatt nehézkesen volnának osztályozhatóak, szegmentálhatóak, és ezek kimentése, felhasználása nem szabályos, a felvételek teljes minőségben megvásárolhatóak a szolgáltatás alján feltüntetett készítő, forgalmazó szervezetektől.

Napjainkra a nagysebességű digitális mérőkamerák térhódításával és fejlődésével néhány óra leforgása alatt felvételezhetővé váltak olyan méretű munkaterületek, amelyeket korábban több napi légi fényképezéssel lehetett megörökíteni. A vegetáció, az időjárás, a légkör tisztasága és a napállás nem változik meg jelentősen a teljes területfedéses fényképezés kezdete és vége között. A felvételek előhívására nem kell napokat várni, és a digitális képfeldolgozás során idő és helytakarékosan végezhetőek el a felvételek ortorektifikációs (torzításmentes, térképi vetületbe illesztési) és mozaikolási (a képsorozatokat egységes térképpé egyesítő) feladatok. A légi felmérések költsége nem lépi túl a távolságból és közegből adódóan minden esetben gyengébb minőségű műholdfelvételek költségét.

Légi felmérések a biológusok számára

Az ökológiai és klímakutatás térbeli ágazata nagymennyiségű, részletes, felületekhez köthető adattal dolgozik. A térben értelmezett információkat igénylő modellek megbízhatóságát alapvetően befolyásolja a bevitt adatok szabadsága (BAKÓ 2013). A vizuális interpretációval, manuálisan kiértékelt légifelvétel-térképek korábban jó megoldást jelentettek a kisebb területeket érintő részletes felszínborítás és vegetációtérképezés vizsgálatokhoz. Mára azonban a korszerű szenzorok és felvételi módszerek lehetővé teszik országos méretű területek nagyfelbontású távérzékeléssel történő felmérését. A hatalmas adatmennyiség célszerűvé tette új számítógépes alkalmazások bevonását, a felvételek kiértékelésének meggyorsítása érdekében. A digitális képelemzést segítő szoftverek azonban csupán azokat a felszíni objektumokat képesek megkülönböztetni egymástól, amelyek paramétereire beprogramozzuk azokat. Az ortofotók osztályozásának sikere és pontossága az alapfelvételek minőségétől és az osztályozás paramétereitől is függ. Ezért egy elfogadható költséggel megvalósuló, egyszerű távérzékelési módszert vizsgáltunk meg. Arra voltunk kíváncsiak, hogy milyen pontos osztályozást tesz lehetővé egy nagy területekre gazdaságosan beszerezhető állomány, mennyire hatékonyan használható digitális képelemzéssel történő kiértékelés szempontjából.

Vizsgálataink során a legfontosabb célunk, hogy egy megfelelő módszert kialakítva, növénytani értelemben a lehető legalaposabban elemezzük a felvételt, amely egyébként a gyakorlatban is hozzáférhető minőségű. Ezért ezúttal nem speciális, nagyrészletességű

légifelvételből dolgoztunk, és nem az adott mintaterület növényfajainak elkülönítését legjobban elősegítő őszi, vagy kora tavaszi, hanem a MADOP¹-ra jellemző tenyészidőszak derekán végzett felvételezést választottuk (WINKLER 2003). Az év bármely időszakában készüljön is a légifelvétel-térkép, minden időpontnak megvannak a kiértékelési előnyei (SÍKHEGYI et al. 2001). A vegetációtérképezés számára az egyik leghasznosabb időszak talán a kora tavasz, lombfakadás előtt amellet, hogy belátunk a lombkorona alá, fászáruak esetén kellően nagy felbontás esetén még lehetőségünk nyílik a fajok elkülönítésére is. Legtöbb esetben az egyes fajok egyedi színárnyalatokkal és spektrális reflektancia tulajdonságokkal rendelkeznek, egy megfelelő felbontású (legalább 10 cm terepi pixel) légifelvétellel ekkor jól elkülöníthetők egymástól (BAKÓ 2010). Lehetőség nyílik még a második lombkorona szintbe való bepillantásra, ami pl. a gyertyán esetében nyújthat segítséget. Mindezen előnyök mellett még jól feltérképezhetők a lombkorona alatt, gyepszintben koratavasszal nyíló lágyszárú növényfajok alkotta foltok is. A másik elemzési szempontból nagyon előnyös időszak mintaterületünk esetében, az őszen a lombhullás előtti szakasza, mikor az erdő a legszínesebben pompázik. Ekkor egy jól beállított osztályozással elég pontos és gyors eredményt lehet elérni. Pl. a cserszömörce ilyenkor rendkívül jól feltérképezhető, míg tavasszal sokkal nehezebb dolgunk van-e fajjal. A cserszömörce meghatározó faja mintaterületünk dunántúli cserszömörccs molyhos tölgyes bokorerdő besorolású részeinek, és a sekély rendzina talajra is utal (TURCSÁNYI és TURCSÁNYINÉ SILLER 2005). Az ideális módszer az említett két időszakból származó felvételek egymás melletti elemzése lenne két különböző tárgyévben történő ismétléssel. Utóbbinak különösen a gyepek esetében van nagyobb jelentősége, hiszen a gyeptársulások periodicitást, időbeli dinamikus változást mutathatnak, amikor egyes fajok az egyik évben kevéssé, a rákövetkező időszakban nagy számban képviseltetik magukat. Ekkor a vegetáció különböző megjelenési formáiban, aspektusaiban megjelenő növényfajokat is detektálhatjuk (TUBA et al. 2007). Ilyenkor egy jól meghatározott időszakot kell átfognia a vizsgálatso-rozatnak ismételt felvételezéssel.

Azonban a legtöbb esetben nincs lehetőség megválasztani a legmegfelelőbb időpon-tot, vagy kívánni azt. Ilyenkor a legnagyobb távérzékelési felvevőpiac igényeinek megfelelő légifelvételekhez kell igazodnia az erdészetnek és az ökológusoknak. Ilyen a mező-gazdaság, a közigazgatás, a településszervezés, a vízgazdálkodás és a beruházás tervezés (BAKÓ 2009). Az egybefüggő, nagy területekről leggyakrabban igényelt felbontást, és a statisztikák szerint legjellemzőbb légifényképezési időszakot példázza a 2010. júniusi felvételünk. Akkor készült, amikor a vegetáció a növekedési és fejlődési folyamatainak szinte csúcán tart, így lágú- és fás szárú szinten is egymáshoz közeli, főleg zöld szín-árnyalatokkal találkozhatunk, amik bizonyos szinten behatárolják a szoftveres elemzési lehetőségeinket. Vizsgálataink elsősorban olyan módszer kikísérletezésére irányulnak, amely egy ilyen időszakban, a látható spektrális tartományban készült háromcsatornás (RGB) felvétellel is eredményt hozhat. Mivel nem minden esetben készül háromnál több csatornás felvétel-térkép, törekedtünk arra, hogy maximálisan kiaknázzuk a felvétel nyúj-totta lehetőségeket. A csatornaszám emelkedése, azonos felbontás és képminőség esetén általában a minőségi és mennyiségi adatok kinyerésének pontosságát vonja maga után (KOZMA-BOGNÁR 2008), így egy hasonló geometriai felbontású és képminőségű multispektrális felvételtől több, de semmiképpen sem kevesebb információt nyerhetnénk.

¹ MADOP – Magyar Digitális Ortofotó Program

A szoftveres munkánál az elsődleges célunk az volt, hogy a nagyobb területfedésű kategóriákat minél jobb hatásfokú és pontosságú módszerrel sikerüljön elválasztani egymástól.

Cikkünk előtanulmányként szolgál egy ökológiai aspektusú méréssorozathoz, ahol megfelelő mintaszám esetén, statisztikát készítettünk, ami segítségünkre lesz az adott társulásokra jellemző meghatározó domborzati-, illetve mikroklimatikus tulajdonságok felismerésében. Ezen információk alapján szerkesztjük meg a már kész fás szárú kategória összetett társulás térképét. A kapott eredményeket újabb mintavételezéssel visszaellenőrizzük, s így megkapjuk a módszer hatékonyságát is.

Anyag és módszer

1. A mintaterület kiválasztása és bemutatása

A Vértes déli részén található Haraszt-hegyi tanösvényt választottuk a társulástani- és mikroklimatikus elemzéseket megalapozó távérzékelési kísérlet és módszertani leírás mintaterületéül. A mintaterület és környéke szubmediterrán jellegű, a dolomithegység déli részére jellemző sajátosságokkal. Fontos megemlíteni, hogy emberi beavatkozás csak minimális mértékben érintett egyes részeket, így csaknem teljesen természetes állapotában lehet vizsgálni a természeti adottságokat. A Vértes déli részére általánosságban jellemző a tagoltabb felszín. Ezen belül a Haraszt-hegyi tanösvény és közvetlen környéke a hegységhez képest is sokkal tagoltabbnak tekinthető, a hegyek és völgyek szinte folyamatosan váltják egymást. A tengerszint feletti magasság 200–330 méterig változik.

2. Egységes elvek kidolgozása az automatizált osztályozásban

Az eltérő felvételezési körülmények között előállított fotó-térképek teljesen egységes eljárással történő magas szinten automatizált kiértékelését gátolja, ha:

- különböző évszakban,
- különböző napszakban, időpontban,
- más napállás mellett,
- eltérő megvilágítási viszonyok között,
- különböző időjárási viszonyok között (felhőzet, légkör),
- különböző légköri pára és szennyeződés eloszlásnál,
- különböző szenzorral,
- különböző részletességgel (objektív, tárgy távolság, szenzor, stb.),
- különböző mérési pontossággal (geometriai, spektrális és radiometriai pontosság),
- felszínborítás típusok különböző összetétele esetén (pl. különböző talajhátter egyes növények esetében),
- különböző domborzati viszonyoknál, más terepadottságokkal,
- eltérő hőmérsékleten (például a kép zaj szintjét befolyásolja) történt a felvételezés.

Bizonyos irányelvek azonban lefektethetők a felvételek szoftveres elemzéséhez. A nagyfelbontású színes és multispektrális – tehát nagy spektrális átfogású csatornákból felépülő – digitális légifelvétel-térképek elemzése során mind a textúrabeli, mind a spektrális és színárnyalatbeli különbségekre alapozunk. Egyes népszerű osztályozásra is javasolható szoftvercsomagok (például ERDAS 9.2, ENVI 4.5, stb.) kizárólag a spektrális reflektancia-különbségek alapján igyekeznek elkülöníteni a különböző felszínborítási kategóriákat. Az ilyen szoftverek esetében a fotó-térkép egységes előfeldolgozása (speciális és teljes állományra egységes felületkiemelő, textúra elkülönítő, kontrasztfokozó, élkiemelő, hisztogramelemző algoritmusok alkalmazása) szükséges. Az előfeldolgozás egyszerű képátalakító szoftverekkel is elvégezhető, hiszen a legmodernebb klaszterező szoftverek is olyan matematikai módszereket kombinálnak, amelyek akár az egyszerű Photoshop szoftverrel is elérhetőek. Természetesen ehhez képest az előbbiek jelentősége az automatizálásban,

és a nagymennyiségű kép köteget és logikai rendszeren nyugvó feldolgozásában rejlik. Ezt még Dr. Waldemar Kerbs, a rendkívül népszerű eCognition képelemző szoftver forgalmazója is hangsúlyozta. (Kerbs 2012) A képtárolító szoftverekkel kísérletünkben előfeldolgozást, míg a képelemző szoftverekkel az előfeldolgozott felvételek kiértékelését végeztük el.

3. A felvételek és az ortofotó-térkép elkészítése

A légifelvételeket IS2 frame rendszerű mérőkamerával készítettük, csatornánként 14 bites szín-mélységgel, analóg értelemben véve is széles dinamikai tartománnyal, ami az új típusú képérzékelők legnagyobb előnye a rendkívül nagy fényérzékenység mellett, mivel az árnyalatterjedelem szélessége alapvetően befolyásolja a felvételek információtartalmát, kiértékelhetőségét. Így azonos fizikai tárhelyen (azonos bitszám esetén) akár sokszorosa eltárolható az árnyalatoknak, képi információknak.

2010. június 11-én (12:11–12:19) 800 m relatív repülési magasságból fényképeztük, majd a rákövetkező héten 10 cm terepi felbontású, 1:1200 normál nyomtatási méretarányú ortofotó-térképpé kidolgoztuk az elemzés alapját képező felvételeinket. Az ortofotó-mozaik felbontása még nem olyan nagy, hogy nehéz és költséges legyen beszerezni. A látható spektrum csupán három (RBG) csatornáját rögzíti. Ezeket az egyenként 16 biten tárolt (14 bit abszolút színmélységű) csatornákat is 8 bitesre redukáltuk, mert azt tapasztaltuk, hogy a botanikusok nagyon gyakran ilyen minőségű állományokról dolgoznak, mert a felvételeket ilyen minőségben archiválja néhány szolgáltató. Minden szempontból a gyakorlati, nagy területekre kiterjeszthető feladatok megvalósíthatóságát tartottuk szem előtt, ezért kívántunk a máskor is egyszerűen és gyorsan beszerezhető alapanyaggal dolgozni. A felvétel készítésének időszakát és terepi felbontását annak figyelembevételével választottuk meg, hogy milyen fenofázisban és milyen felbontásban rögzítené a vegetációt egy még gazdasági szempontból kivitelezhető országos méretű légifényképezés.

4. Terepi munkálatok

Az előzetes terepi bejárások során először nagyvonalakban, majd egyre inkább a részletekre koncentrálván próbáltuk megvizsgálni a domborzati- és társulástani tulajdonságokat, hogy minél jobban átlássuk az esetleges összefüggéseket, melyek a későbbi szoftveres kiértékeléseknél segítséget nyújtanak. Ilyenkor helyszíni fényképekkel is dokumentáljuk a terepen tapasztaltakat (8. ábra).

A helyszínen azonosítottuk a felvételen elkülönülő vegetáció foltokat. A helyszínen egyenlőre nem ellenőriztük, de az előző vizsgálat során paramétereiben megismert folt típus további egyedeit a légifelvétel-térkép segítségével azonosítottuk és lehatároltuk. Ezután újabb helyszíni vizsgálat során ellenőriztük, hogy ezek a foltok valóban jól besorolt, ezen kívül pontosan határolt objektumként jelentkeznek-e a vegetáció térképen.

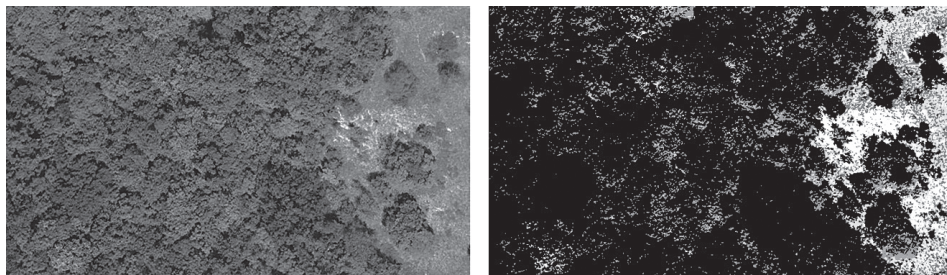
5. Előfeldolgozás

Az előfeldolgozás első lépéseként kivágunk néhány kellően reprezentatív fotótérkép részletet, amelyen gyorsabban kikísérletezhető az teljes mozaikra vonatkozó legcélszerűbb eljárás.

A szoftveres kiértékelés során a nagyobb területfedésű kategóriák gyors és biztos lehatárolására igyekeztünk módszert kidolgozni. Ezt úgy valósítottuk meg, hogy vizuálisan követhető képtárolító szoftverek segítségével olyan irányba toltuk el az egyes kategóriák színárnyalait, kontrasztját és egyéb raszteres képi paramétereit a georeferált állományon, amik ezután egy megfelelően beállított spektrális alapú osztályozással már térinformatikai értelemben is hasznosítható állományokat eredményeztek. Az első nagyobb területfedésű főkategóriák: dolomit karok és felszínek, lágý-, illetve a fás szárú növényzet. A lágýszárú részek nagy része dolomit sziklagýep, és megtalálható a területen egy irtásrét, ami egyben az egyetlen terület ahol látható nyomai maradtak az emberi beavatkozásnak. Itt magasabb perjés jellegű területekkel is találkozhatunk. Ezen foltok esetén az imént már említett módon jártunk el, majd spektrális alapú osztályozással választottuk el a sziklagýepes résztól.

5.1. Fás és lágyszárú növényzet elkülönítése

A sziklagyeppek és a fák által borított felületek elkülönítéséhez első lépésben olyan erős kontraszttemelést alkalmazunk, ahol a határértékek már csak néhány szín elkülönítését teszik lehetővé (1. ábra).

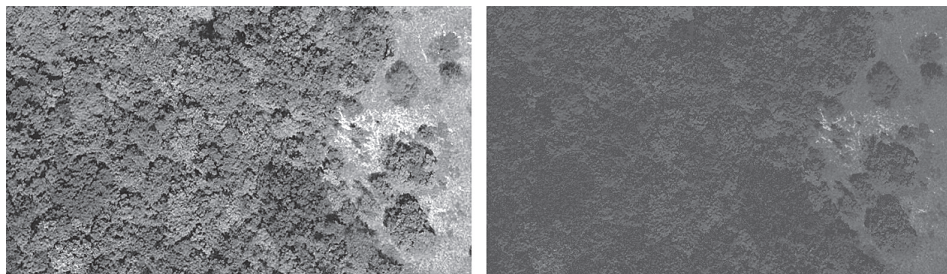


1. ábra. Valósszínes felvételrészlet és az előfeldolgozás első lépése
Figure 1. True color ortho image detail and the first step of the pre-processing.

A sárga-, vörös-, illetve fehér részek a sziklagyep és egyéb lágyszárúak, valamint dolomitok kategóriát képezik, a maradék pedig a fákkal, cserjékkel borított részeket. ENVI szoftvercsomaggal történő osztályozás során a spektrális algoritmussal futtatva az osztályozást, megkapjuk a két típus pontos vektoros fedvényét. Ezután vizuális ellenőrzés következik, és ahol manuális korrekció szükséges, ott ki kell javítani a vektoros réteget. Végül terepi ellenőrzés igazolja vissza a vektorgrafikus térképérték pontosságát.

5.2. Karrok leválogatása

Első lépésben a valósszínes légifelvétel mindhárom csatornáján monokróm színátmenet-térképet készítünk. Jelen esetben az árnyalatok vizuális elkülönítéséhez ibolya-zöld-narancssárga árnyalatokat adtunk meg. A narancssárga szín ebben az esetben csak a karrok esetén jelentkezik, jól elkülöníthetően (2. ábra). A zöld különböző árnyalatai az összes többi felszínborítási kategória esetében jelentkeznek. (A lila árnyalat pedig csak az árnyékos részekre korlátozódik, így a karrok elemzése mellett egy egész pontos árnyékhataz elemzést is készíthetünk ezzel a módszerrel, ami a textúraelemzés után, majd a fafajok elemzésénél lesz segítségünkre.) ENVI 4.7 szoftverrel a tanulmányterület osztályozás során beállítjuk a megfelelő kategóriákat, majd szintén spektrális algoritmust használva megkapjuk ezen kategóriák pontos fedvényét.

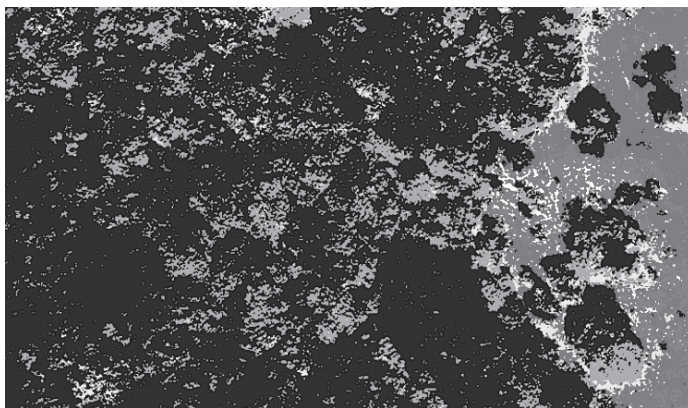


2. ábra. A karrok narancssárga foltként jelentkeznek, míg az árnyékok által befolyásolt reflektancia-értékű pixelek lila színnel különülnek el
Figure 2. The dolomite surfaces appear in orange, but the purple pixels mean shadows.

5.3. Fafajok osztályozása

A területen megtalálható fafajok borítását nem lehet pontosan lehatárolni pusztán spektrális alapú osztályozás segítségével, így ebben az esetben a pusztán spektrális alapú osztályozó algoritmusok végleg csődöt mondanak. Viszont a textúra (nagy felbontású felvételek esetén működik) és színárnyalatok (széles, legalább 100 nm spektrális átfogású csatornák esetén) segítségével történő osztályozáskombináció jó megközelítésű, gyors eredmény elérését teszi lehetővé.

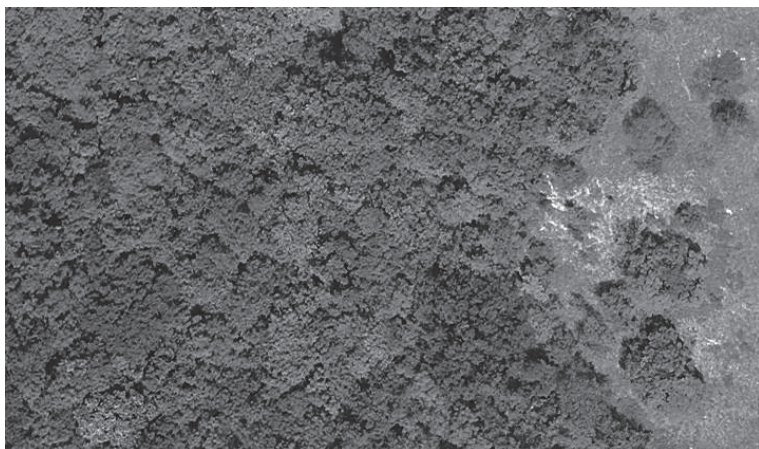
Körís: A valós színes légifelvétel-térképen a telítettséget radikálisan megemeltük, így az élénkebb színárnyalatú részek még világosabbak lettek. Amennyire lehetséges, a színerősséget is emeljük, így még erősebb kontrasztot kapunk a világos (körís) és sötétebb (tölgy) részek között. Végül „keményítés” jellegű kontrasztemeléssel zöld színárnyalatokat kap a körissel fedett felület (3. ábra). Ezután spektrális alapú osztályozást alkalmazunk a zöld (körís) színárnyalatokra.



3. ábra. A körissel borított felszínek előfeldolgozása

Figure 3. Fraxinus covered surfaces in pre-processing.

Tölgy: A felvételen nehéz elkülöníteni (4. ábra). Erős kontrasztemelés és színhelyreállítás (különösen a zöld színek vizuális megközelítésű beállítása, 5. ábra) után az élénkséget és a telítettséget radikálisan megemeltük (6. ábra). A kék színt kiemeljük, végül a felvétel „keménységét”, kontrasztját megemeljük, és az így kapott kék színű részek inkább a tölgyekre jellemzőek (7. ábra). Az osztályozás a már ismertetett módon történik a kék (tölgy) terepi foltokra koncentrálnival.



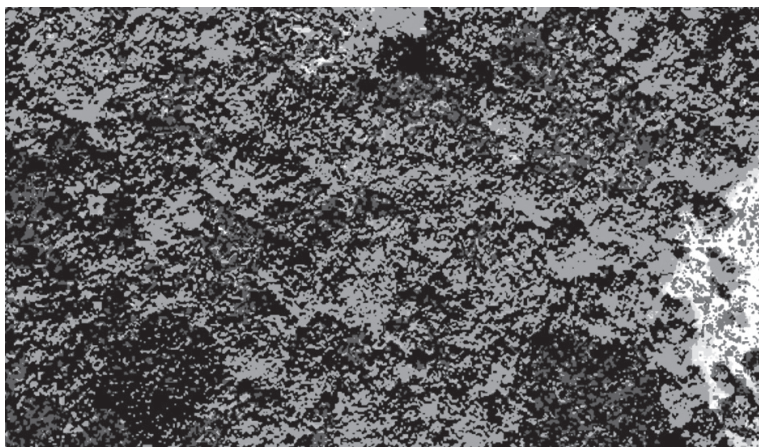
4. ábra. Az eredeti légifelvétel-térkép részlet
Figure 4. Detail of the original aerial image map.



5. ábra. A részlet a színárnyalatok manuális beállítása után
Figure 5. The previous detail after setting the colors manually.



6. ábra. A részlet a színek színezet élénkségének és a telítettség erősítése után
Figure 6. The detail after strengthening the color hue, vividness and saturation.



7. ábra. A tölgyes részeket kék árnyalatban láthatjuk
Figure 7. Oak represented with the shades of blue.

6. Osztályozás

A feladat elvégzése során az ENVI 4.7 szoftvercsomag spektrális alapon működő tanulóterületi osztályozási modulját alkalmaztuk, amellyel az egységes elvek alapján, teljes fotó-térkép területre végrehajtott előfeldolgozás után a fedvénykészítés (osztályozás és vektorizálás) jól automatizálható. A módszerünkkel nyert információkat a terepbejárások is igazolták.



8. ábra. Egy a terepbejárások során készített helyszíni felvétel

Figure 8. One of the images taken on the field trips.

7. A vektoros felszínborítási fedvény előállítás

Mivel a végső cél egy statisztikai elemzésekhez jól alkalmazható, geometriailag pontos vektoros felszínborítási- és vegetációtérkép, törekednünk kellett a néhol részben átfedő, különböző folttípusok pontos szétválogatására. A kapott fedvényeket a megfelelő sorrendben kellett kivágni egymásból a kategória átfedés elkerülése végett. Például „nem fás szárú” – „karrok” = „Sziklagyep”, vagy „fás szárú” – („Tölgy” + „Kőris”) = „Vegyes fás szárú növényzet”.

Végül, ahol szükséges, vizuális korrekciót alkalmaztunk. Az eredményeket többszöri, alapos terepbejárással ellenőriztük. Az ellenőrzés során úgy találtuk, hogy a módszer megbízhatósága nagyságrendekkel nagyobb a hagyományos, és kizárólag spektrális reflektancia elemzésen alapuló, hasonló idő és költségigényű térképezési munkálatokénál.

Az is megállapításra került, hogy 10 cm terepi pixelnél kisebb felbontásnál a felbontás csökkenésével nagymértékben csökkennek az elemzési lehetőségeink és az adatbázis pontossága. A terület 20 cm felbontására csökkentett légifelvétel-térképének elemzésével is megpróbálkoztunk, de a gyertyán és a hárs alulbecslése meghaladta az állományuk 50%-át. A nagyobb felbontás nemcsak árnyaltabb, de torzításoktól kevésbé terhelt térkép fedvényt eredményezett.

8. Ellenőrzés

Az osztályozás számítógéppel segített, nagyban automatizált döntéshozási folyamat, amelynek ellenőrzését a korábban tárgyalt módszerektől teljesen független, további terepi munkával célszerű elvégezni. Az egyes fajok felismerése és igazán pontos borítottság értékeinek megállapítása, ezáltal pedig az információ kinyerése az interpretáció (adatértékelés) legfontosabb része.

A légifelvétel-térképet terepbejárások alkalmával vizuálisan kiértékeljük, a poligonok megrajzolását a felvételen ArcMap 9.2 szoftverrel végeztük. A kiértékelés e módját egy, az osztályozás során nyert térképrészlettel azonos területen alkalmaztuk. A vizuális interpretáció során készült vektoros térkép nagyon pontosan visszaigazolta az osztályozással nyert eredményeket.

9. Néhány példa az adatértékelésre

Célszerű az így beszerzett adatbázist meteorológiai és klímakutatói feladatokhoz integrálni. A céljainkhoz tartozott, hogyha sikerül elég pontosan feltérképezni a társulásokat, összekössük azokat a terület domborzati-, illetve mikroklimatikus tulajdonságaival. Mivel nem érintette komoly emberi hatás a meglévő társulásokat, így joggal feltételezhető, hogy az egyes típusok csak a számukra megfelelő feltételek mellett alakulhattak ki az egyes részekben. Ennek ellenőrzése érdekében helytörténet kutatást végeztünk, és korábbi légifelvétel-térképeken, valamint katonai térképeken is megvizsgáltuk a területet potenciálisan érintő antropogén hatásokat. Az állományklímára nézve a legfontosabb módosító tényezők a:

- meteorológiai tényezők,
- termőhelyi tényezők,
- biológiai tényezők,
- természetési tényezők.

Amelyekre jó közelítésű térbeli információkat nyerünk a légifelvétel-térképek segítségével.

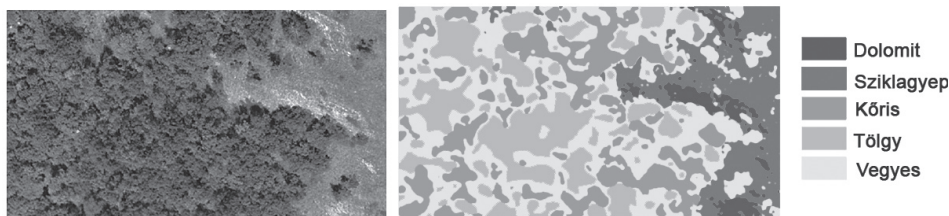
Így arra a következtetésre jutottunk, hogy a távérzékelt állomány elemzését követően első lépésben megvizsgáljuk a domborzati jellemzők és az egyes felszínborítás kategóriák kapcsolatát. Ilyen értelemben növényzeti szempontból is érdekes lehet például: a kitettség, a hegygerincek árnyékhata, valamint a lejtési fok.

A mikroklimatikus eltéréseket alátámasztandó mérések érdekében digitális hőmérséklet- és páratartalom mérőket helyeztünk el, hogy az év végére tényleges információkat kapjunk, milyen különbségek jelentkeznek az egyes kategóriák között.

Eredmények és megvitatás

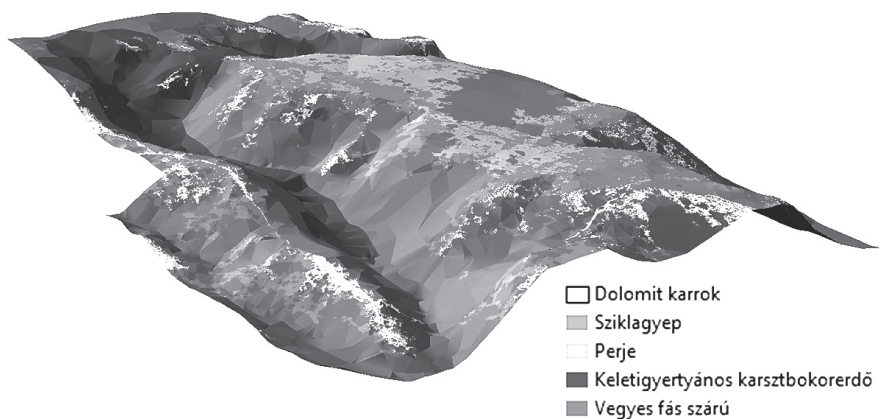
Egyes markáns megjelenésű felszínborítási kategóriák esetében helyenként ugyan elérhető használható osztályozási eredmény pusztán a spektrális alapon osztályozó szoftvercsomag használatával, viszont a teljes területen egységesen végigvihető osztályozási módszer nem valósítható meg biztonsággal kizárólag spektrális alapú módszert alkalmazva. Előfeldolgozás segítségével kisebb területen, megfelelő mintaszám esetén homogén színű társulásokban is sikerült értékelhető eredményt elérnünk akár faji szinten is (9. ábra).

Az elemzés után elért vetületi eredményt interpoláltuk a domborzati modellre, így megkaptuk a terület háromdimenziós növénytársulás térképét (10. ábra). A domborzati viszonyok figyelembe vételével lehetőség nyílik további paraméterek vizsgálatára is (11. ábra).



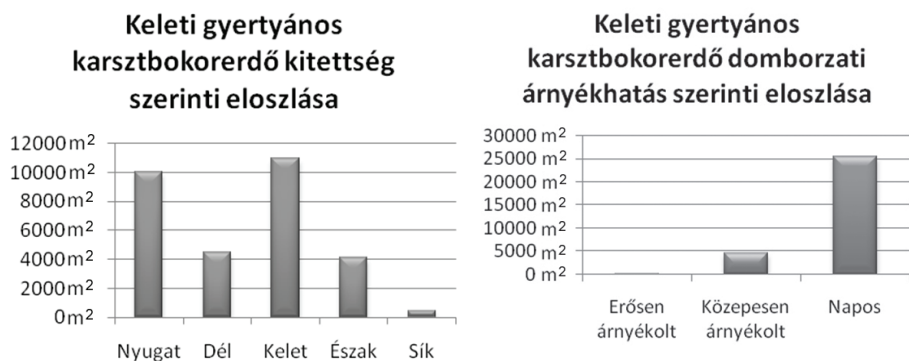
9. ábra. Az eredeti georeferált légifelvétel részlete és az osztályozás után kapott eredmény egy karsztbokros rész példáján

Figure 9. The original georeferenced aerial image mosaic's detail, and the classification result.



10. ábra. A végeredményül kapott háromdimenziós térképünk részlete öt összevont felszínborítási kategória esetében

Figure 10. The end result: 3D vegetation map in the case of five consolidated land cover categories.



11. ábra. A domborzati viszonyok figyelembe vételével lehetőség nyílik további paraméterek vizsgálatára is.

Figure 11. Considering the topography additional parameters can be examined.

A fás szárú társulásokat – amelyek szabad szemmel és adott hisztogram beállításnál vagy nyomtatásban majdnem homogén zöld területnek tűnnek – nehéz az egész képterületre jól alkalmazható módszerrel, pontosan elválasztani egymástól. Ilyenek voltak az esetünkben: a hársakban gazdag törmelékes talajú erdő, csereszömörccs karsztbokorerdő, molyhostölgyes karsztbokorerdő, keleti gyertyános karsztbokorerdő. A paraméteres (teljes légifelvétel-térképre vonatkozóan azonos korrekciókkal elvégzett) előfeldolgozás lehetővé teszi a klasszikus vizuális interpretációval és tanulóterület-esztályozással nehezen megoldható térképezési munkálatok szakszerű elvégzését.

Eljárásunk megkönnyíti, meggyorsítja az állományra vonatkozó erdőgazdasági térképek elkészítését, és a korábbi gyakorlatban megjelenő adatbázisoknál lényegesen pontosabb és részletesebb információkat szolgáltat az erdészetek számára, minimális költség-növekedés mellett. Meg kell jegyeznünk, hogy a teljes erdőfelmérési struktúrába történő integrálás – és a korábbi adatgyűjtés kiváltása - esetén a módszer jelentős költségcsökkenést eredményezhet.

A kutatásunk eddigi eredményei alapján úgy gondoljuk, hogy érdemes lenne a vizsgálatokat többféle fenofázisban megismételni, és más területekre is kiterjeszteni. A klímakutatás és az időjárás előrejelzés szempontjából is használható, megnövelt pontosságú inputok kiválasztását célozza a következő, műszeres mérésekkel járó kutatási periódus.

IRODALOM – REFERENCES

- BAKÓ G. 2010: Multispektrális felvételek alapján készülő tematikus térképek minősége, a terepi felbontás és a képminőség függvényében. *Tájökológiai Lapok* 8(3): 507–522.
- BAKÓ G. 2012a: A légi fotogrammetria kezdetei Magyarországon 1916–1925. *Távérzékelési technológiák és térinformatika* online, 2012. november, pp. 47-55.
- BAKÓ G. 2012b: Régészet a levegőből. *A Földgömb*, 2012. november, pp. 66-75.
- BAKÓ G. 2013: A légifelvétel-térképek kiértékelése, tematikus térképek. <http://www.interspect.hu/index.php/Fotogrammetria-es-kiertekeles/kiertekeles-tematikus-terkepek.html>
- BAKÓ G. 2013: Vegetációtérképezés nagyfelbontású valószínűségi- és multispektrális légifelvételek alapján. *Kitaibelia* 18(1-2): 152–160.
- FODOR GY., 1935: A légi fotogrammetria térhódítása s várható jelentősége az erdőrendezési munkálatok szempontjából. *Erdészeti Lapok* 1: 855–883.
- KOZMA-BOGNÁR V. 2008: Hiperspektrális felvételek mezőgazdasági és környezetvédelmi célú felhasználásának lehetőségei a keszthelyi térségben. Informatika a felsőoktatásban 2008. Konferencia kötet, Debrecen.
- SÍKHEGYI F., TISZA A., UNGER Z. 2001: *Kármentesítési útmutató 3. Útmutató a felszín alatti vizeket és a földtani közeget károsító területhasználatok és szennyezőforrások távérzékelési módszerekkel történő számbavételéhez*. A Környezetvédelmi Minisztérium tudományos szakkönyve, Budapest, 148 pp.
- TUBA Z., SZERDAHELYI T., ENGLONER A., NAGY J. 2007: *Botanika III.* 1.5. Mintavételi egységek nagysága egy adott társulás állományában. Nemzeti Tankönyvkiadó Zrt., Budapest, 578 pp.
- TURCSÁNYI G., TURCSÁNYINÉ SILLER I. 2005: A kontinentális jellegű tölgyesek. *Növénytan*. Kossuth Kiadó, Budapest.
- KERBS, W. 2012: A Földmérési és Távérzékelési Intézetben, a Képszegmentálók Napján, 2012. március 6-án elhangzott Trimble Geospatial overview and Cadastral Map Update – eCognition Architect Solution című előadásban elhangzott szóbeli közlés
- WINKLER P. 2003: Magyarország Digitális Ortofoto Programja (MADOP) és DDM modell az ország teljes területére. *Geodézia és Kartográfia* 55(12): 3-10.

COST-EFFECTIVE METHODS FOR THE PREPROCESSING OF AERIAL IMAGE MAPS
CLASSIFICATION FOR FORESTRY AND NATIONAL PARKS

G. Bakó¹ and G. Gulyás²

Szigetszentmiklós, Csokonai köz 1/1., H-2310, Hungary
e-mail: ¹bakogabor@interspect.hu, ²info@interspect.hu

Accepted: 12 April 2012

Keywords: preprocessing, remote sensing, classification, forestry, landscape ecology, land cover mapping, nature conservation

Since the beginning of XX. century Hungarian forestry use aerial photo maps to made accurate assessments of the stocks. The high-resolution multispectral aerial mapping's biggest advantages are the identification of species, include the possibility of mapping and the precise foundation. High-resolution aerial mapping gives us very large amount of processable information. This article focuses on the possibilities of automatization of processing. The authors achived new results in the preprocessing and evaluation of ortho images. Preprocessing not only allows for accurate classification, but it also speeds up the inspection and repair period for interpreting the various land cover categories with the best efficiency.